

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560703

研究課題名(和文)窓開閉アドバイザーのための窓開閉判断ロジックの構築

研究課題名(英文)Window opening/closing decision algorithms for window advisory monitor

研究代表者

長井 達夫 (Nagai, Tatsuo)

東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：00316001

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：住宅における夏期の適切な窓開閉あるいは冷房の発停を居住者に報せる装置(窓開閉アドバイザー)に組み込む窓開閉判断ロジックを開発した。内外温湿度、内外差圧をもとに窓の好ましい開閉を判断する既開発のロジックをもとに、冷房負荷の削減、あるいは窓開放時間の増大を目的として、窓開けと冷房の併用の可否、複数開口のうちどの開口を開けることが好ましいか、外出時に窓を開けた方が良いか否か、就寝開始時に窓開けて寝た方が良いかどうか、といった点について、具体的な判断ロジックの構築、あるいは各判断を行うことによる効果があるかどうかについて、数値シミュレーションおよび居住者モニター試験によって明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The research established decision rules implemented in Window advisory monitor, which suggests to occupants in a residential building whether window/door openings should be opened or closed. The purpose of the suggestion is to reduce cooling load due to air-conditioning, and increase amount of time during which windows open. Through use of computer simulation, decision rules have been established. These rules suggest i) opening windows while air-conditioning is recommended or not, ii) which openings in the building should be opened, iii) windows should be opened or not when occupants leave the house, etc. Computational simulation suggests the energy savings from use of the Window advisory monitor are minor, but the amount of time increases during which windows open, which leads to comfortable indoor environment during summer.

研究分野：建築熱環境、空調設備

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：住宅 通風 冷房 エネルギー 開口部 窓

1. 研究開始当初の背景

(1) 居住者による窓開閉の問題点

住宅における夏期の窓開閉あるいは冷房の発停は、室内外の熱的環境や防犯、降雨、騒音等の諸条件を加味して居住者の判断によって行われている。しかし、熱的快適性・冷房用エネルギーの削減という観点からは、必ずしも最適な窓開閉が行われているとは限らない。その例を挙げると以下となる。

- ・ 窓を閉めて冷房している状態において、夕方から夜間にかけて外部が十分に冷涼になってもそのことに気付かず窓を閉めたまま冷房を継続してしまう
- ・ 夜間において、窓を開放したまま就寝したいが、朝方の寝冷えが心配で窓を閉じてしまう

(2) 窓開閉の問題点に対する技術的方策

このような状況に対して、室内熱環境をより改善する方策として、1)建物全体の統合的自動制御により窓開閉とエアコンの発停を行う、2)室内外の温湿度条件等を居住者に報せるモニター装置(以下、窓開閉アドバイザー)を用いて、居住者が主体的に環境調整を行う、の2通りのアプローチが考えられる。

このうち、後者のアプローチは、安価にシステム構築が行えること、また最終的に居住者が環境行動を選択でき環境意識の向上にも寄与する、といったメリットがあるが、このような装置に組み込まれる適切な窓開閉指示に関する判断ロジックが解明されておらず、未だに普及している状況にはない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、居住者が主体的に環境調整を行うことを前提とした窓開閉アドバイザーに組み込む適正な窓開閉方法を導出するロジックを開発することを目的とする。具体的には、以下の事項を明らかにする。

- ・ 在室時、外出時、就寝時などの各居住モードについて、内外環境条件をもとに適正な窓開閉パターンを導く判断ロジックを導出する、あるいはその見通しを得る
- ・ 慣例からは実現し難い、窓を開けながらの冷房、あるいは一部の窓を閉鎖することによる熱環境改善効果が現実的效果を持つかどうかを明らかにする

3. 研究の方法

研究アプローチは、窓開閉ロジックの構築と、その効果の実証とからなる。前者のロジックの構築については、窓開閉ロジックを組み込んだ熱・換気回路網計算プログラムを用いて主として東京に建つ木造戸建住宅を対象としたケーススタディを実施することにより、限られた計測項目から判定できるようなものを目指す。

一方、後者の効果の検証については、熱・換気回路網計算によるシミュレーション、および一般居住者を対象としたモニター試験

により窓開放時間、室内熱環境等の改善効果を定量的に検証するとともに、問題点を抽出し、再度、窓開閉ロジックの改善と効果検証を繰り返す。

4. 研究成果

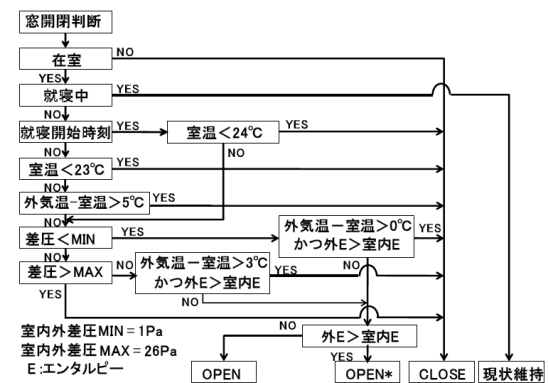
(1) 窓開閉アドバイザーの概要

試作した窓開閉アドバイザーのシステム構成および表示器・画面表示の例を図1に示す。室内外温湿度、室内外差圧等を測定し、アドバイザーに取り込む事で、後述する窓開閉判断ロジックに従い適切な窓開閉・冷房発停方法を判断し画面に表示する。本研究では、温湿度等のセンサーには市販のワイヤレス通信型サーモレコーダーを用い、またアドバイザーはパームトップパソコンを用いた。無線で受信機に収集したデータをパームトップパソコンに自動的に取得し、窓開閉判断ロジックに従って窓の開閉を指示したり、現在の室内外の温湿度等を表示するような、計算・表示プログラムを自作した。



図1 窓開閉アドバイザーの構成と測定項目

アドバイザーに組み込まれている窓開閉判断ロジックの基本的な判断フローを図2に示す。内外の温度差あるいはエンタルピー差に着目し、また差圧測定により通風量が確保されそうかどうかを判断し、窓の開閉を指示する。本研究では、図2のロジックをもとに、就寝時や不在宅時等のアドバイスや窓を開けながらの冷房推奨を行う機能を追加するとともにその効果を検証した。



注) OPEN では窓開けと冷房の併用は行うが OPEN*では窓開けと冷房の併用は行わない

図2 基準アドバイザーロジック

(2) 居住者の慣例と異なるアドバイス項目

居住者の習慣・思い込みから、通常は実行されない窓開閉・冷房発停行為のうち、以下

の2点について検討した。

窓開けと冷房の併用

室内に比べ、外気の方がエンタルピー、顕熱的に涼しい時に窓を開けつつ冷房を行う有効性について検討した。窓開けによる室温の上昇による潜熱負荷増加が問題だと考え、家庭用エアコンの除湿性能を再現したモデルを作成した上で、熱・換気回路網計算プログラムにより東京に建つ戸建住宅モデルを想定し判断ロジックとその効果について検討した。その結果、窓開けと冷房の併用により、併用しない場合と比較して夏期の冷房全熱負荷は2%減少し、窓開けの時間数は11%増加、また冷房時間は7%減少した。大型の業務建物と比較すると自然換気併用空調の効果は小さいものの、快適性の増大につながる窓開放時間の増加と、冷房時間数の減少には一定の効果のあることが分かった。

複数開口に対する窓開閉判断

既に、定常計算により複数室・複数開口部を有する住宅において、全開口部を開けるより、適切な開口部を閉じることにより、ある室に対する外気流入量を増加させられることが分かっている。本研究では、通風量の最大化ではなく通風による冷却効果の最大化に着目し、複数開口部の開閉により「窓開」の判断がなされた居室に対する通風による顕熱除去熱量が最大となるような窓開閉方法について数値シミュレーションにより検討した。その結果、窓開け冷房併用の場合と比較して、さらに2%の積算冷房負荷(全熱)削減、8%の窓開放時間の増加、6%の冷房使用時間の削減効果が見られた。ただし、これらには、非在室の部屋の開口部も開閉操作する効果も含まれている。

(3) 居住モードごとのアドバイス項目

非在宅時間帯、あるいは就寝時間帯といった、一般的には各時間帯の途中で窓を開け閉めできない場合のアドバイス方法について検討した。

非在宅時間帯の窓開閉判断

窓を開放したまま外出することが可能だとして、窓を開放して外出すべきか、閉鎖して外出すべきかについて数値シミュレーションにより検討した。

その結果、同じ戸建住宅でも、RC造の場合には窓を閉めて外出した方が、窓を開けて外出するよりも帰宅後の全熱負荷は小さい日が多かった。一方、木造の場合には、外気温が高い日には窓を閉め、外気温が低い日には窓を開けて外出した方が帰宅後の全熱負荷は小さくなる傾向があった。

すなわち、木造住宅の場合には、日中の最高外気温などをもとにした窓開閉判断を行うことによって、非在宅時間帯に対するアドバイザーの情報提供の価値が生じることが確認された。ただし、具体的な判断ロジックは住宅ごとに構築する必要があり、邸別の建

物条件の入力を行わせるのか、等実用化に向けた課題が残された。

就寝時間帯の窓開閉判断

数値シミュレーションによる事前検討の結果、窓を開放して就寝した方が、窓を閉めて冷房せずに就寝した場合よりも就寝時間帯の室温が低下する傾向にあること、またその場合、外気温が低い日には明け方の室温が低くなりすぎる場合があることを確認した。

そこで、就寝開始時に窓を開けるべきか否かをアドバイスすることを念頭に、窓を開放した場合の明け方の最低室温を予測する手法について検討した結果、就寝開始時の室温をもとにした回帰式でもある程度の最低室温予測が可能である見通しを得た。ただし、そのためには過去の室温推移のデータを長期間に渡って蓄積し、上記の回帰式をアドバイザー内部で算出する必要があるなど、実用上の課題が残された。

就寝時間帯の窓開閉判断については、これとは別に、快適な睡眠環境を得るためのアドバイスに着目し、好ましい睡眠環境に関する既往の研究をもとに、就寝後に室温を下降させ、明け方から室温を上昇させるような室温軌跡を得るためのアドバイス機能を組み込んだ。事前の数値シミュレーションにより、就寝中にエアコンを停止することにより、上記のような室温軌跡が実現できる見通しを得た上で、就寝時の室温、外気温等から適切な窓開閉・冷房発停、設定温度、冷房タイマー設定時間を演算するロジックを考案した。

この判断ロジックを「アドバイザー」の試作機にプログラミングし、夏期において5件のモニター調査を実施した。モニター調査の結果、窓を閉めた状態で冷房タイマーを使用した場合、上記の「V字型」の室温軌跡を実現できることを確認した(図3)。

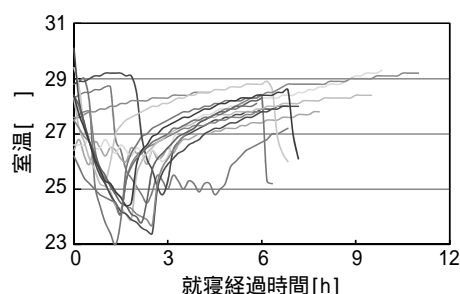


図3 就寝時間帯の室温推移(集合住宅)

なお、多くの居住者の習慣とは異なり、窓を開けながらの冷房を指示するロジックも組み込んだが、このような指示に居住者が従った場合、明け方の室温上昇は緩慢となる傾向が見られた。

(4) 非住宅建物への適用に向けた検討

本研究は主として住宅への適用を念頭に置いているが、新たに業務用建物への適用に範囲を広げることを目的に、自然換気装置を備えた学校施設を対象に検討を行った。当建

物は各階の居室開口部の開閉の他、建物中央部に設けられた外部ボイド等を有しており、アドバイザ活用による省エネが可能かどうかのポテンシャルを見積もるため、換気量・環境測定とともにシミュレーション検討を行い、省エネ効果を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Yasumasa Ishihara, Tatsuo Nagai: Study on Window Operation Advisor for Efficient Cross Ventilation Use, Proceedings of the 1st Asia Conference on International Building Performance Simulation, No.0080(pp.1-8), 2012

〔学会発表〕(計 4 件)

牧野幸裕, 長井達夫: 窓開閉アドバイザーによる夏季就寝時における快適熱環境の形成に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2013.9

石原康匡, 長井達夫, 水井勇介: 効率的自然通風利用のための窓開閉アドバイザーに関する研究 (その3) 就寝時・非在宅時における効果的な窓開閉方法の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.257-260, 2012

釘町友樹, 長井達夫: 窓開閉アドバイザーにおける不在時間帯の効果的な開閉方法の研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境 II, pp.197-198, 2012

石原康匡, 長井達夫, 水井勇介: 効率的自然通風利用のための窓開閉アドバイザーに関する研究 (その2) 窓開けと冷房の併用と複数開口部の効果的な開閉方法の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.1167-1170, 2011.9

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長井 達夫 (NAGAI, Tatsuo)

東京理科大学工学部第一部建築学科・教授
研究者番号: 00316001

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし